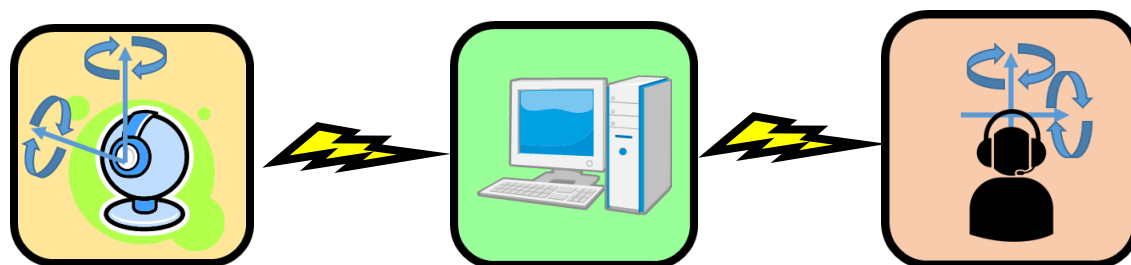


HMD(Head Mounted Display)を用いた PT(Pan-Tilt)カメラのインターネット遠隔操作 ユーザマニュアル(ver1.0)



2014 年 10 月 23 日

芝浦工業大学 知能機械システム研究室

荻谷 浩史, 石田 真一, 安田 福啓, 松日楽 信人

目次

1. はじめに	2
1.1 RTC 群概要	2
1.2 システム構成	3
1.3 開発環境・動作確認	3
2. HMD 側 RTC 群	4
2.1 姿勢算出 RTC	4
2.2 平均化 RTC	7
2.3 RSNP 通信 RTC	8
3. PT カメラ側 RTC 群	10
3.1 RSNP 通信 RTC	10
4. 参考文献	13

1.はじめに

1.1 RTC 群概要

今回作成した Head Mounted Display(以下, HMD)を用いた Pan-Tilt (以下, PT)カメラのインターネット遠隔操作システムでは, RT ミドルウェア(以下, RTM)と RSNP(Robot Service Network Protocol)を用いている. RTM を使用して機能ごとに RT コンポーネント(以下, RTC)を作成することで HMD と PT カメラのシステムそれぞれを構成し, RSNP を使用して2つのシステムを接続した. 既存のシステムでは, PT カメラを操作しようとする度に GUI 上のボタン(図 1.1.1)を押下する必要があり, ユーザとしては GUI の操作回数が増えるため操作が面倒である[1].

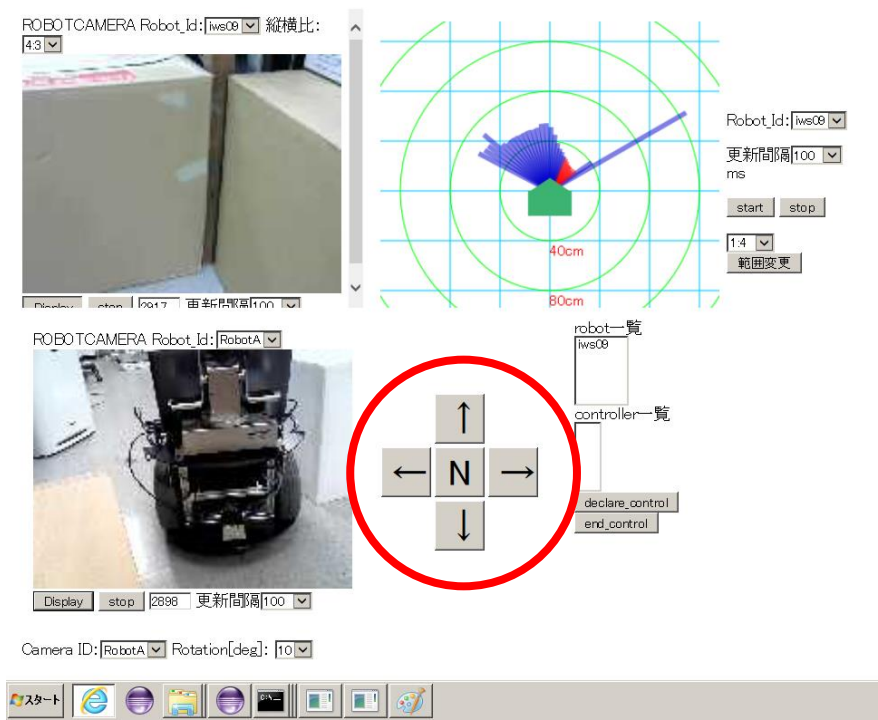


図 1.1.1 既存システムの GUI

今回作成したシステムを使用することにより, HMD を PT カメラのコントローラとして使用することができるようになるため, GUI の操作回数を減らすことが可能になると考える.

1.2 システム構成

システムの構成は以下の図 1.2.1 に示す。先ず始めに、ARToolkit という拡張現実アプリケーション^[2]を使用して HMD に付けられた AR マーカを認識し、得られる変換行列から HMD の姿勢を計算する。そして、その姿勢データを平均化し、RSNP サーバへその値を送信する。PT カメラ側では、RSNP サーバから姿勢データを取得し、Pan, Tilt それぞれのモータへ姿勢データを送信する。これにより、モータが駆動し HMD の動きに応じて PT カメラが動作する。

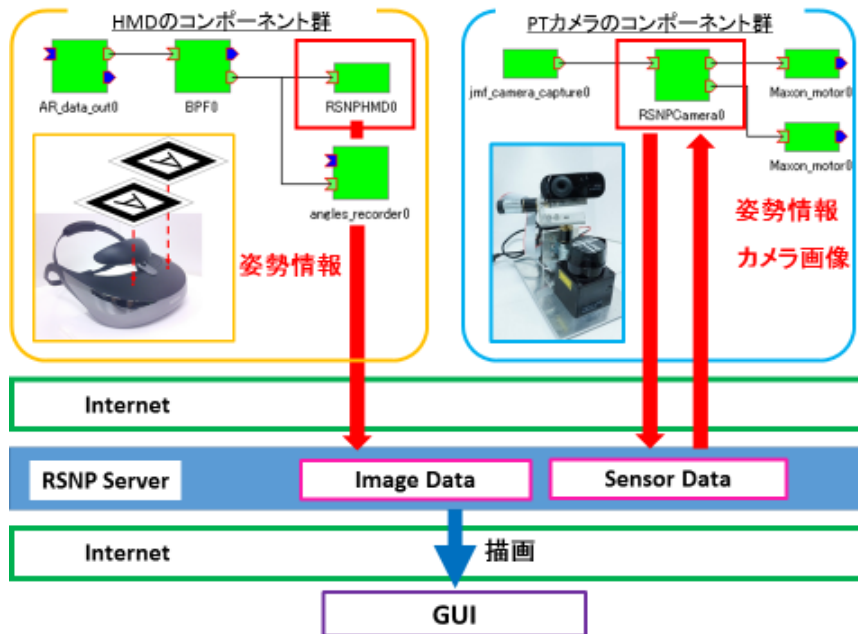


図 1.2.1 システム概要

1.3 開発環境・動作環境

開発環境, および動作環境は以下の通りである。

OS : Windows7 (32bit)

OpenRTM-aist1.1.0

開発環境

C++ : Visual C++ 2010 Professional

Java : eclipse 3.7 INDIGO

eclipse の動作に必須となるソフトウェアは以下の通りである。これらのバージョンと違うソフトウェアで設定を行った場合に、eclipse が正常に動かないことがある。

表 2.1.1 ダウンロードの必要なソフトウェア

必要なソフトウェア	バージョン
Eclipse	3.7 Indigo
JDK	1.6.0.21
Apache-tomcat	6.0.18
Axis2	1.4.1

eclipse や RSNP の設定方法についてはインターネットで詳しく説明^{[3],[4]}されているので、今回は説明を省く。そして、RSNP の開発元である RSi(Robot Service initiative) という団体から与えられるライセンスを src パッケージに入れることで、RSNP を使用した通信を行うことが可能となる。従って、RSNP を使用するためには RSi に登録し、ライセンスやライブラリ^[4]を入手する必要がある。

以下のコンポーネント群やプログラムは修正 BSD ライセンスを適用することとする。ただし、ARToolkit のソースコードについては GPL(General Public License) を適用することとする。

2. HMD 側 RTC 群

ARToolkit を使用して HMD に設置された AR マーカを認識し、ARToolkit により得られた変換行列から HMD の姿勢を計算する。そして、平均化を行う RTC に姿勢データを送信し、平均化した値を RSNP サーバへ送信するシステムである。コンフィグレーションで指定した値により、何回で平均化を行うか指定することができる。

2.1 姿勢算出 RTC

図 2.1.1 の様に HMD の映像を出力するつばの部分に 2 つの AR マーカを設置した。今回、使用した AR マーカは 120mm 離れており、設置したマーカの大きさは 100mm である。

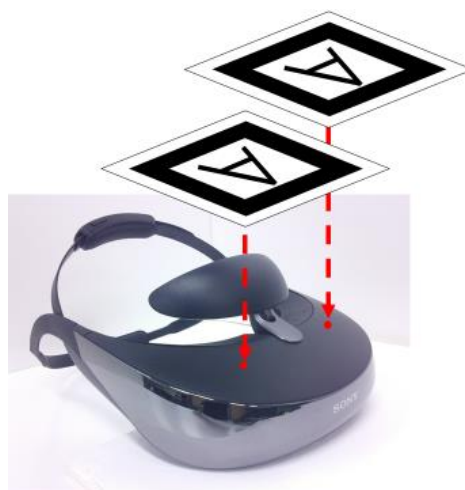


図 2.1.1 HMD と AR マーカ

RTC の名称		
AR_data_out		
InPort		
名称	データ型	機能
CameraIn	CameraImage	Web カメラの画像入力
OutPort		
名称		機能
Position_Out	PanTiltAngles	姿勢データの出力
CameraOut	CameraImage	Web カメラの画像入力

補足：使用風景

図 2.1.1 の左側は作成した GUI(Graphical User Interface)であり，右側は HMD の動きに合わせて実際に PT カメラが動作している様子である．HMD の姿勢を計算するために ARToolkit を使用している．ARToolkit の画像認識プログラムは本^[2]やインターネット^[5]で紹介されており，それらのプログラムを RTC 化することでシステムを作成した．

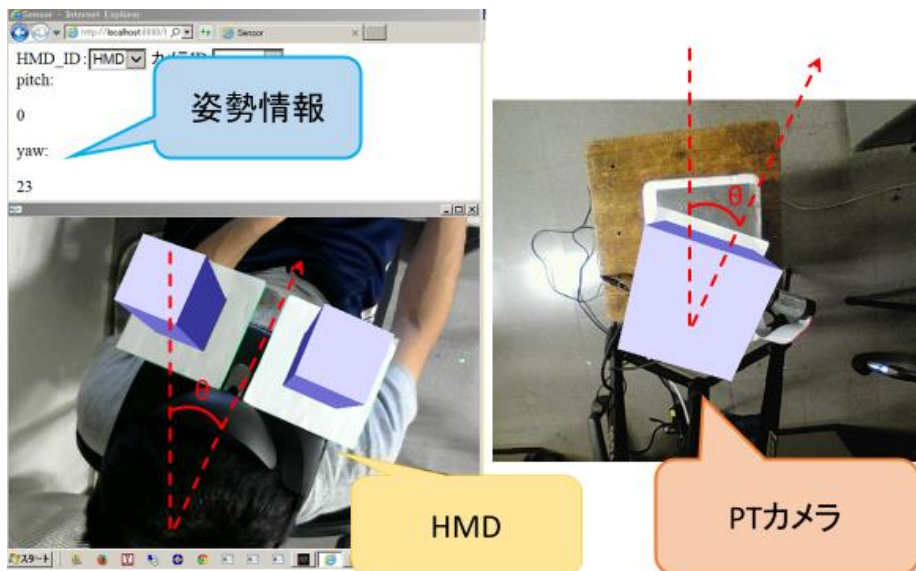


図 2.1.1 操作 GUI と PT カメラの動作風景

ARToolkit を使用し AR マーカを認識させることで，図 2.1.2 のような変換行列を得ることができる．

$$\begin{array}{c}
 \text{回転成分} \quad \text{並進成分} \\
 \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \\
 \text{カメラ座標系} \quad \text{変換行列} \quad \text{マーカ座標系}
 \end{array}$$

図 2.1.2 変換行列

この得られた変換行列において HMD は並進していないものと考え，並進成分を全て 0 と考える．そして，回転成分を用いて以下の図 2.1.3 の式を用いることで，Pan-Tilt-Roll それぞれの角度を算出することができる．しかし，Roll 角をカメラに与えてしまうと必ずしも画像下部が地面ではなくなってしまい操作しにくくなると考え，Roll 角に関する計算や出力は行っていない．

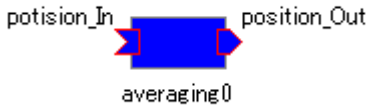
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi \cos \theta & \cos \phi \sin \theta \sin \psi - \sin \phi \cos \psi & \cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi & 0 \\ \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta \sin \psi + \cos \phi \cos \psi & \sin \phi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \psi & \cos \theta \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

図 2.1.3 角度を算出するための行列式

GUI の出力方法については、HMD と制御用 PC を HDMI 接続し HMD に表示しながら PT カメラを操作する。

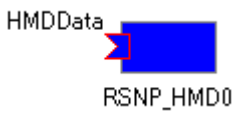
2.2 平均化 RTC

姿勢算出 RTC から送られてきたデータをコンフィギュレーションで設定された値に応じて平均化を行う RTC である。

RTC の名称		
averaging		
InPort		
名称	データ型	機能
Position_In	PanTiltAngles	姿勢データの入力
OutPort		
名称		機能
Position_Out	PanTiltAngles	姿勢データの出力
コンフィギュレーションパラメーター		
名称	意味	
n	平均化を行う回数	

2.3 RSNP 通信 RTC

この RTC の主な機能としては、受け取った HMD の姿勢データを RSNP サーバへ送信することである。

RTC の名称		
RSNP_HMD		
InPort		
名称	データ型	機能
HMDData	PanTiltAngles	姿勢データの入力

補足：RTC の説明

作成した RTC の概略図は以下の図 2.3.1 に示す。

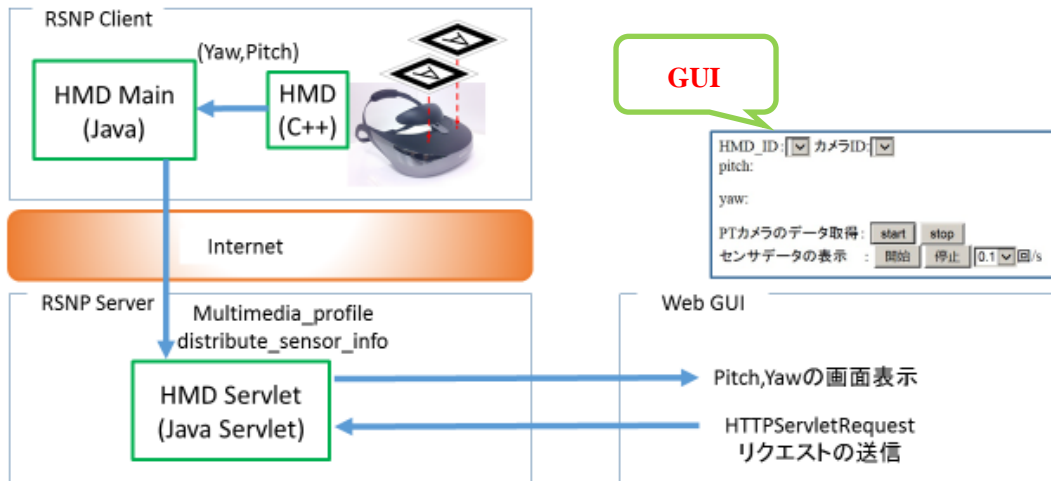


図 2.3.1 RSNP 通信概略図

averagingRTC から RTM の入力ポートを通して PanTiltAngles 型で送られてきた姿勢データを、RSNP の Multimedia_Profile クラスの distribute_sensor_info メソッドを使用して RSNP サーバへ送信する^[6]。この時に使用するコンフィギュレーションは、以下の表 2.3.1 のように設定した。

表 2.3.1 サーバへの接続で使用するコンフィギュレーション

End Point	http://localhost:8080/HMDServer/services
Robot ID	HMD
Password	8073

サーバを起動し、GUI にアクセスすると図 2.3.2 の様な画面(使用言語 : jQuery)が表示される。



図 2.3.2 HMD の姿勢を表示する画面

図 2.3.2 は HMD の姿勢情報を表示する GUI である。番号の 1~9 のアイテムについてそれぞれ説明していく。

No	表示名	アイテム名	説明
1	HMD_ID	ID	登録されているHMDのID
2	Camera_ID	ID	登録されているカメラのID
3	pitch	姿勢情報	HMDのpitch角の情報
4	yaw	姿勢情報	HMDのyaw角の情報
5	start	通信開始	カメラからのデータ取得開始命令
6	stop	通信終了	取得終了
7	開始	描画開始	GUI上に姿勢情報を描画する
8	停止	描画終了	描画を終了する
9	回/s	更新頻度	毎秒1回~10回の更新頻度を選択

表 2.3.2 HMD の姿勢情報の表示する GUI のアイテム

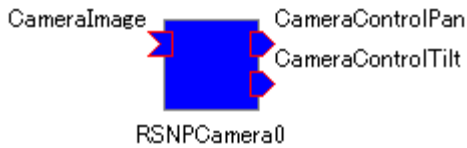
サーバ内の JSP ファイルでこの画面を作成しており、開始ボタンを押下することで GUI 上に姿勢情報を描画するように機能を設けている。この時はまだクライアント側から姿勢データを取得していない。その後、start ボタンを押下す

ることで、クライアントとの通信を開始し姿勢データを取得することができる。

3. PT カメラ側 RTC 群

3.1 RSNP 通信 RTC

この RTC の主な機能としては、RSNP サーバから受け取った HMD の姿勢データを Pan, Tilt それぞれのモータへ送信することである。上記に加え、CameraImage 型で送られてきたカメラ画像を RSNP サーバへ送信する機能を有している。

RTC の名称		
RSNPCamera		
InPort		
名称	データ型	機能
CameraImage	CameraImage	Web カメラの画像入力
OutPort		
		機能
CameraControlPan	PanTiltAngles	姿勢データ(Pan)の出力
CameraControlTilt	PanTiltAngles	姿勢データ(Tilt)の出力

補足：RTC の説明

作成した RTC の概略図は以下の図 3.1.1 に示す。

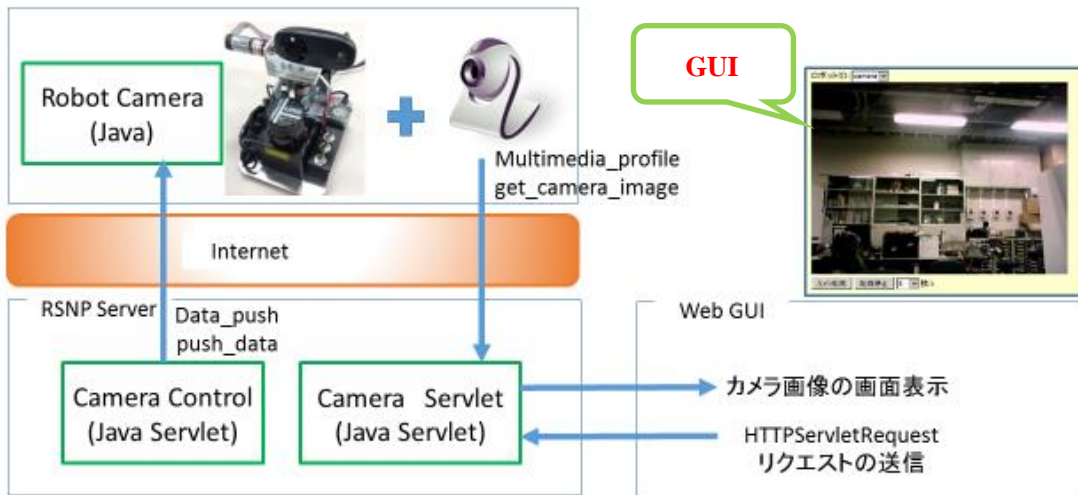


図 3.1.1 RSNP 通信概略図

CameraImage 型を出力する RTC から送られてきた画像を RTM の CameraImage ポートで受け取り，RSNP の Multimedia_Profile クラスの distribute_camera_image メソッドを使用して RSNP サーバへ送信する．HMD の姿勢データについては，RSNP サーバから Data_Push クラスの push_data メソッドを使用して連続的にデータを受け取ることができる．そして，RTM の出力ポートから PanTiltAngles 型を使用して Pan, Tilt それぞれのモータを制御している RTC へ姿勢データを送信することで，PT カメラが HMD の動きに応じて動作する．RSNP サーバと通信する際に以下の表 3.1.1. のようなコンフィギュレーションを設定した．

表 3.1.1 サーバへの接続で使用するコンフィギュレーション

End Point	http://localhost:8080/HMDServer/services
Robot ID	HMD
Password	8073

サーバを起動し，GUI にアクセスすると図 3.1.2 の様な画面(使用言語 : jQuery)が表示される．



図 3.1.2 Web カメラ画像を表示する GUI

図 3.1.2 は作成した PT 機能付きカメラで取得した環境の画像を表示する GUI である。番号の 1~5 のアイテムについてそれぞれ説明していく。

表 3.1.2 PT 機能付きカメラのアイテム

No	表示名	アイテム名	説明
1	-	カメラ画像	カメラから送られてくる環境情報を表示している
2	ROBOT ID	ID	登録されているロボットのID
3	カメラ配信	描画開始	描画を開始する
4	配信停止	描画終了	描画を終了する
5	枚/s	更新頻度	毎秒1回~10回から更新頻度を選択できる

4. 参考文献

- [1] 荻谷浩史, 石田真一, 安田福啓, 松日楽信人, “HMD を用いた PT カメラの操作”, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM), 1G2-05, 2014
- [2] 谷尻豊寿, “拡張現実感を実感する ARToolkit プログラミングテクニック”, カットシステム(2010 年 10 月 10 日 第 2 刷)
- [3] 金子邦彦研究室 “Eclipse 4.4.1 のダウンロード, インストール, 設定, 日本語化, 基本操作”
<http://www.kkaneko.com/rinkou/javaintro/eclipse.html>
(最終確認日 2014 年 10 月 23 日)
- [4] AIIT NSP 研究所 “RSNP をはじめよう”
<http://www.robotservices.org/wiki/jp/index.php?%A5%C9%A5%AD%A5%E5%A5%E1%A5%F3%A5%C8>
(最終確認日 2014 年 10 月 23 日)
- [5] Sunao Hashimoto, “工学ナビ 「攻殻機動隊」「電脳コイル」の世界を実現! ARToolkit を使った拡張現実プログラミング”
<http://kougaku-navi.net/ARToolKit/>
(最終確認日 2014 年 10 月 28 日)
- [6] Robot Service Network Protocol2,2 仕様書